

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

ของ

นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ญ

เรื่อง การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ
ต่อค่าความต้านแรงดันทะเล

ผู้ดำเนินการ

นายจรรยา ธงไชย

นักวิทยาศาสตร์ 7ว

นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ญ

นักวิทยาศาสตร์ 7ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3

กองการวิจัย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2542

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

ของ

นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง

เลขหมู่	วศ กอ
	๑๑ 17
เลขทะเบียน	115.66
วันที่	๒๖ / ๕.๑๖ / ๕๕

เรื่อง การศึกษาอิทธิพลของความดันแปรวงแหวนกดขึ้นทดสอบ
ต่อค่าความต้านแรงดันทะเลดู

ด้วยอภิหนักนาการ จาก ๑๕.

ผู้ดำเนินการ

นายจรรยา ชงไชย

นักวิทยาศาสตร์ 7ว

นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง

นักวิทยาศาสตร์ 7ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3

กองการวิจัย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2542

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้เสนอผลการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุของกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษผิวกล่อง กระดาษทำลูกฟูก กระดาษกล่องขาวเคลือบ และแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานของเครื่องทดสอบ ชนิด A และ C การใช้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบที่ให้ความดันด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ระบบลมกด จำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุน เพื่อให้เป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบน้อยหรือการใช้ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่น้อยเกินไป จะทำให้ค่าความต้านแรงดันทะลุที่วัดได้มีค่าสูงกว่าเป็นจริง การเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ การเพิ่มจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบและการเพิ่มระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก จะทำให้ค่าความต้านแรงดันทะลุลดลง ค่าความต้านแรงดันทะลุจะถูกต้องตามความจริง เมื่อความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ จำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบและระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกดำเนินการตามมาตรฐานที่กำหนด

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบแรงดันทะลุ เมื่อจำนวนรอบการหมุนมากขึ้นจะมีผลทำให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบและระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกมีค่าสูงขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจะมีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	ก - ข
สารบัญภาพ	ค - ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 คุณลักษณะของเครื่องทดสอบและหลักการทดสอบความต้านแรงดันทะเล	3-6
บทที่ 3 การดำเนินการทดสอบ	
3.1 วัตถุประสงค์	7-8
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	9
3.3 การเตรียมตัวอย่างและชิ้นทดสอบ	9
3.4 วิธีการทดสอบ	10
3.5 สภาวะการทดสอบ	11
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	
4.1 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของ กระดวยพิมพ์และเขียน ชนิด 60,80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร	12-14
4.2 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของ แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโล พาสคัล	15-18
4.3 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของ กระดวยผิวกล่อง กระดวยทำลูกฟูก กระดวยกล่องขาวเคลือบ	19-23
4.4 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของ แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล	24-26
4.5 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของ กระดวยลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น	27-31
4.6 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบ มือหมุนของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A กับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ	32

สารบัญ (ต่อ)

4.7 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A กับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก เมื่อกดเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบลงบนแผ่นกระดาษลูกฟูก	33-36
4.8 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	37-43
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	44-46
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	47
คำขอบคุณ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	50-52

สารบัญญัตราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงคุณลักษณะของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A และชนิด C	4-6
2	แสดงน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเล	7
3	แสดงน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของตัวอย่าง(แผ่นกระดาษลูกฟูก)ที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเล	8
4	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาษพิมพ์และเขียนชนิด 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C	12
5	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C	15
6	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาษผิวกล่อง กระดาษทำลูกฟูก กระดาษกล่องขาวเคลือบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	19
7	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	24
8	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ ชนิด 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	27
9	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ	32

ข
สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระยะกดจมลงบนผิวหนังของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ ชนิด 2 ชั้น ต่อความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูก	33
11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหนังของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น	37
12	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหนังของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น	38

ก
สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการส่งความดันของของเหลวไฮดรอลิกส์ในห้องอัดความดัน ดันแผ่นยางไดอะแฟรมไปงขึ้นจนกระทั่งขึ้นทดสอบแตก	3
2	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาษพิมพ์และเขียน ชนิด 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C	14
3	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C	18
4	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาษผิวกล่อง กระดาษทำลูกฟูก กระดาษกล่องขาวเคลือบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	23
5	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	26
6	ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ ชนิด 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	31
7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	32

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	36
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A	36
10	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น	43
11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น	43
12	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบชนิด C	50
13	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบชนิด A	50
14	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบชนิด A ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบมือหมุนมีมาตรวัดปรับความดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4000 กิโลพาสกาล	51
15	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบชนิด A ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบมือหมุนไม่มีมาตรวัดสามารถปรับความดันได้โดยเพิ่มแรงกด	51
16	แสดงชุดอุปกรณ์จับขึ้นทดสอบเป็นวงแหวนกด/รับขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบชนิด C	52
17	แสดงชุดอุปกรณ์จับขึ้นทดสอบเป็นวงแหวนกด/รับขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบชนิด A	52

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

เนื่องจากการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของกระดาดจะต้องให้ความดันแก่แป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ ซึ่งระบบการให้ความดันมีหลายแบบ อาจเป็นระบบลมกด(pneumatic) ระบบไฮดรอลิกส์(hydraulic) หรือแบบใช้มือหมุน(handwheel) ซึ่งความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบนี้มีผลอย่างยิ่งต่อผลการทดสอบค่าความต้านแรงดันทะเล เพราะถ้าแรงกดต่ำทำให้กระดาดเลื่อน ผลการทดสอบสูงกว่าความเป็นจริง ในทางตรงกันข้ามถ้าแรงกดของแป้นวงแหวนสูงเกินไปอาจทำให้ขึ้นทดสอบเสียหาย ผลการทดสอบต่ำกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดสอบแผ่นกระดาดลูกฟูกความดันที่ใช้ต้องพอเหมาะเพื่อให้แผ่นกระดาดลูกฟูกยุบตัวในระยะที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามเครื่องทดสอบกระดาด มี 2 ชนิดคือ เครื่องทดสอบชนิด A สำหรับใช้ทดสอบกระดาดที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อ เช่น กระดาดฝักถั่ว กระดาดทำลูกฟูก กระดาดแข็ง รวมถึง แผ่นกระดาดลูกฟูก และเครื่องทดสอบชนิด C ซึ่งใช้ทดสอบกระดาดทั่วไป เช่น กระดาดพิมพ์และเขียน กระดาดถ่ายเอกสาร เป็นต้น ในการสอบเทียบเครื่องทดสอบทั้งสองชนิดดังกล่าว ต้องใช้แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานตรวจสอบความถูกต้อง ในการอ่านค่าของเครื่องทดสอบ หลังการตรวจสอบรายการอื่นเรียบร้อยแล้ว

ฉะนั้นในการศึกษาอิทธิพลของความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อค่าความต้านแรงดันทะเลนั้นจึงใช้กระดาดและแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์ตามชนิดของเครื่องทดสอบ โดยเครื่องทดสอบที่ใช้ในการศึกษาได้รับการสอบเทียบแล้ว และแยกตามชนิดของเครื่องทดสอบ เพื่อให้การทดสอบความต้านแรงดันทะเลเป็นมาตรฐานเดียวกันสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการ กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 จึงเห็นควรศึกษาอิทธิพลของความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาด ซึ่งในรายละเอียดของการศึกษาจะได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับจำนวนรอบการหมุนแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ และระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูกของเครื่องทดสอบชนิดเพิ่มความดันแบบมือหมุนเพื่อให้ทราบว่าจะต้องหมุนกี่รอบหรือระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูกเท่าใดจึงจะได้ความดันตามที่กำหนดที่สอดคล้องตามมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาด กระดาดฝักถั่ว กระดาดทำลูกฟูก แผ่นกระดาดลูกฟูก และแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1. ศึกษาผลของความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเล ดังนี้

1.3.1.1 ความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่ระดับความดันต่าง ๆ ต่อความต้านแรงดันทะเลของ กระดาดหิมพ์และเขียน และแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานของเครื่องทดสอบแรงดันทะเลชนิด C

1.3.1.2 ความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่ระดับความดันต่าง ๆ ต่อความต้านแรงดันทะเลของ กระดาดหิมพ์กล่อง กระดาดทำลูกฟูก แผ่นกระดาดลูกฟูก และแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานของเครื่องทดสอบแรงดันทะเลชนิด A

1.3.2. หาคความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A กับความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบ เพื่อให้อ้างอิงในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของกระดาดหิมพ์กล่อง กระดาดทำลูกฟูก กระดาดกล่องขาวเคลือบ

1.3.3. หาคความสัมพันธ์ระหว่างความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนของเครื่องทดสอบแรงดันทะเลชนิด A กับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูก เพื่อให้อ้างอิงในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาดลูกฟูก

1.3.4. หาคความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาดลูกฟูก

1.4 ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย ตุลาคม 2541 – กันยายน 2542

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

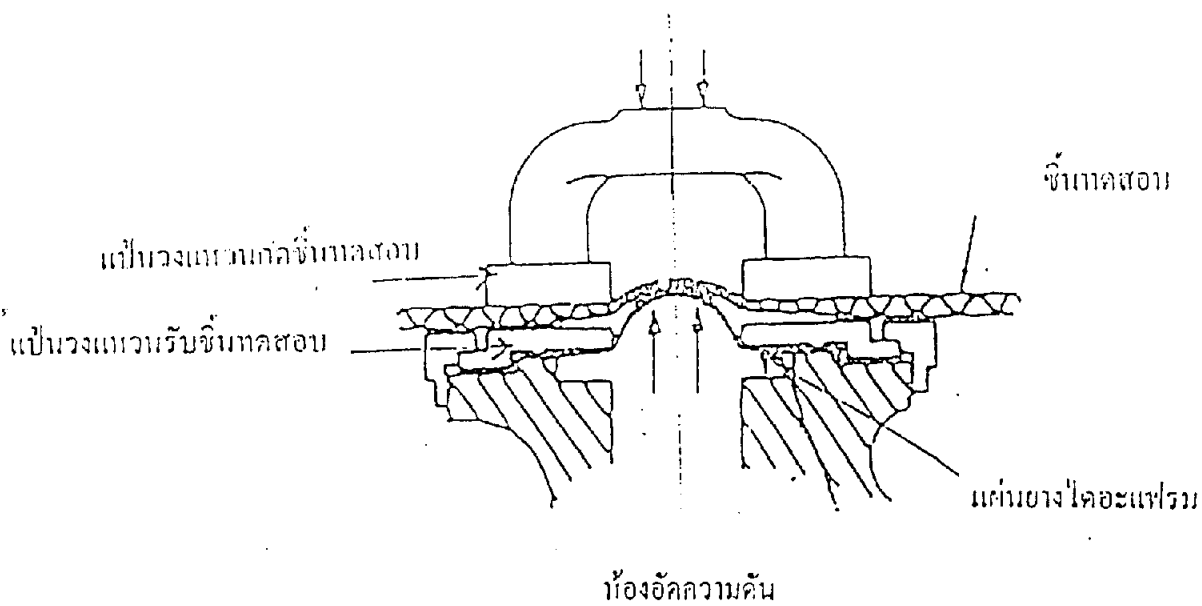
1.5.1. สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อลดปัญหาข้อโต้แย้งการทดสอบสมบัติความต้านแรงดันทะเลระหว่างผู้ซื้อ ผู้ขายกระดาดได้ และข้อโต้แย้งต่างๆ ในการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเล

1.5.2. เพื่อสนับสนุนและใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาวิธีการทดสอบ การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องทดสอบแรงดันทะเลได้

บทที่ 2

คุณลักษณะของเครื่องทดสอบและหลักการทดสอบความต้านแรงดันทะเล

เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลมีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ตามมาตรฐาน ISO 2758 และเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ตามมาตรฐาน ISO 2759 เครื่องทดสอบทั้ง 2 ชนิดนี้มีคุณลักษณะของเครื่องทดสอบแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยแต่หลักการทำงานและการทดสอบจะเหมือนกัน กล่าวคือ ทั้ง 2 ชนิด ระบบให้ความดันที่กระทำต่อชิ้นทดสอบเป็นระบบไฮดรอลิกส์ที่ได้จากการอัดกลีเซอรินบริสุทธิ์เพิ่มความดันด้วยลูกสูบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ อัดกลีเซอรินบริสุทธิ์ผ่านไปยังแผ่นยางไดอะแฟรมวงกลมและส่งถ่ายความดันต่อไปยังชิ้นทดสอบ เมื่อความดันของของเหลวไฮดรอลิกส์ในห้องอัดความดัน ต้นจนชิ้นทดสอบแตก ค่าความดันที่ได้นั้นจะเป็นค่าความต้านแรงดันทะเลของชิ้นทดสอบที่ประกอบด้วยค่าความดันที่ใช้ในการทำให้ชิ้นทดสอบแตก และค่าความดันที่ใช้ในการดันให้แผ่นยางไดอะแฟรมโป่งขึ้นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการส่งความดันของของเหลวไฮดรอลิกส์ในห้องอัดความดัน ต้นแผ่นยางไดอะแฟรมโป่งขึ้นจนกระทั่งชิ้นทดสอบแตก

เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลทั้ง 2 ชนิด มีส่วนประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน คือ

2.1. ส่วนจับยึดขึ้นทดสอบ ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย คือ

2.1.1. แป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

2.1.2. แป้นวงแหวนรับขึ้นทดสอบ

2.1.3. ชุดอุปกรณ์ให้ความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ มีอยู่ 3 แบบ คือ

2.1.3.1. แบบลมกด ที่มีมาตรวัดความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

2.1.3.2. แบบไฮดรอลิกส์ ที่มีมาตรวัดความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

2.1.3.3. แบบมือหมุน ที่มีและไม่มีมาตรวัดความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

2.2. ส่วนให้ความดัน มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน คือ

2.2.1. แผ่นยางไดอะแฟรม

2.2.2. ห้องอัดความดัน/ลูกสูบ เป็นระบบไฮดรอลิกส์มีกลีเซอรินใช้ในระบบ

2.3. ส่วนรายงานผลมีอยู่ 2 แบบ คือ

2.3.1. มาตรวัดแบบเข็ม/หน้าปัด

2.3.2. ทรานดิวซ์เซอร์/ตัวเลข

2.4. ส่วนขับเคลื่อน มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน คือ

2.4.1. ชุดเฟืองทด/เดินหน้า-ถอยหลัง

2.4.2. มอเตอร์ขับ

คุณลักษณะของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A และชนิด C ที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A และชนิด C

รายการ	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเล	
	ชนิด A	ชนิด C
1. ส่วนจับยึดขึ้นทดสอบ		
- เป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ		
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่น้อยกว่า	96 มิลลิเมตร	48 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องกลมภายใน	31.5 ± 0.05 มิลลิเมตร	30.5 ± 0.05 มิลลิเมตร
- เป็นวงแหวนรับขึ้นทดสอบ		
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่น้อยกว่า	96 มิลลิเมตร	50 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องกลมภายใน	31.5 ± 0.05 มิลลิเมตร	33.1 ± 0.05 มิลลิเมตร
- พื้นผิวบริเวณที่สัมผัสกับขึ้นทดสอบของแป้นวงแหวนกด/รับขึ้นทดสอบ	เป็นร่องตัววี (V) มุมขนาด 60 องศา	เป็นร่องตัววี (V) มุมขนาด 60 องศา
• แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิดชนิด 1 ชั้น หนาส่วนให้ความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ		
- ลูกฟูกลอน A	$\frac{3}{4} \pm \frac{1}{4}$ รอบ	
- ลูกฟูกลอน B	$\frac{1}{4} \pm \frac{1}{4}$ รอบ	
- ลูกฟูกลอน C	$\frac{1}{2} \pm \frac{1}{4}$ รอบ	
• แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิดชนิด 2 ชั้น หนาส่วนให้ความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ	$1 \pm \frac{1}{4}$ รอบ	
2. ส่วนให้ความดัน		
- แผ่นยางไดอะแฟรมต้องทำจากวัสดุและวิธีการที่เหมาะสมโดยต้องมีคุณลักษณะ ดังนี้		
• ระยะโป่งที่ 9 มิลลิเมตร	-	30 + 10 กิโลพาสคัล
• ระยะโป่งที่ 10 มิลลิเมตร	170 – 220 กิโลพาสคัล	-
• ระยะโป่งที่ 18 มิลลิเมตร	250 – 350 กิโลพาสคัล	-
- ของเหลวที่ใช้ในห้องอัดความดัน/ลูกสูบ	กลีเซอรินบริสุทธิ์	กลีเซอรินบริสุทธิ์
- อัตราการอัดของเหลวในห้องอัดความดัน/ลูกสูบ	170 ± 15 มิลลิเมตร/นาที	95 ± 5 มิลลิเมตร/นาที
3. ส่วนรายงานผล	มาตรวัดความดันแบบเข็ม/ หน้าปัทม์และทรานดิชเชอร์ /ตัวเลข	มาตรวัดความดันแบบเข็ม/ หน้าปัทม์และทรานดิชเชอร์/ ตัวเลข
4. ส่วนขับเคลื่อน	ชุดเฟืองทด / เติมน้ำ- ถอยหลัง และมอเตอร์	ชุดเฟืองทด / เติมน้ำ- ถอยหลัง และมอเตอร์

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A และชนิด C ที่แตกต่างกัน (ต่อ)

รายการ	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเล	
	ชนิด A	ชนิด C
<ul style="list-style-type: none"> - ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบที่มีมาตรวัดความดันของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ <ul style="list-style-type: none"> • กระดาดแข็ง กระดาดผิวกล่อง กระดาดทำลูกฟูก กระดาดชก่อง • กระดาดทิมพ์และเยียน • แผ่นกระดาดลูกฟูกชนิด 1 ชั้น - ลูกฟูกลอน A ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูก - ลูกฟูกลอน B ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูก - ลูกฟูกลอน C ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดลูกฟูก <ul style="list-style-type: none"> • แผ่นกระดาดลูกฟูกชนิด 2 ชั้น ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาดชก่อง - ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลแบบมือหมุนไม่มีมาตรวัดความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ <ul style="list-style-type: none"> • กระดาดแข็ง กระดาดผิวกล่อง กระดาดทำลูกฟูก กระดาดชก่อง 	<p>ไม่น้อยกว่า 690 กิโลพาสคัล</p> <p>-</p> <p>2.08 + 0.05 มิลลิเมตร</p> <p>0.81 + 0.05 มิลลิเมตร</p> <p>1.61 + 0.05 มิลลิเมตร</p> <p>3.05 + 0.07 มิลลิเมตร</p> <p>ต้องมากพอที่จะไม่ทำให้กระดาดเลื่อนในขณะทดสอบและไม่ทำลายขึ้นทดสอบอื่นเนื่องจากเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ</p>	<p>-</p> <p>ไม่น้อยกว่า 430 กิโลพาสคัล</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

บทที่ 3

การดำเนินการทดสอบ

3.1 วัตถุประสงค์

ในการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุได้ใช้วัสดุทดสอบ 6 ชนิด ดังนี้

- 3.1.1 แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานของเครื่องทดสอบแรงดันทะลุชนิด A และชนิด B
- 3.1.2 กระดาษพิมพ์และเขียน
- 3.1.3 กระดาษผิวกล่อง
- 3.1.4 กระดาษทำลูกฟูก
- 3.1.5 กระดาษกล่องขาวเคลือบ
- 3.1.6 แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้นลอน C และ 2 ชั้นลอน B/C และ C/B

นำนักมาตรฐานและความหนาของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงนำนักมาตรฐานและความหนาของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุ

ชนิดตัวอย่าง	หมายเลขตัวอย่าง	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม ต่อ ตารางเมตร	ความหนา, มิลลิเมตร
แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุชนิด C ที่ระดับ	85 ± 7 กิโลพาสคัล	-	63.8
	837 ± 14 กิโลพาสคัล	-	156
	538 ± 21 กิโลพาสคัล	-	220
แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุชนิด A ที่ระดับ	788 ± 24 กิโลพาสคัล	-	245
	1092 ± 28 กิโลพาสคัล	-	310
	กระดาษพิมพ์และเขียน	-	60
		-	80
		-	220
กระดาษผิวกล่อง	KA 125	126	0.220
	KA 230	233	0.319
	KA 335	335	0.430
กระดาษทำลูกฟูก	CA 105	105	0.187
	CA 115	114	0.200
	CA 125	129	0.262
กระดาษกล่องขาวเคลือบ	-	466	0.580

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของตัวอย่าง(แผ่นกระดาษลูกฟูก)ที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ
ต่อความต้านแรงดันทะลุ

ตัวอย่าง	กระดาษผิวกล่องประเภทหน้า		กระดาษทำลูกฟูก		กระดาษคั่นกลาง		กระดาษทำลูกฟูก		กระดาษผิวกล่องประเภทหลัง		ชนิดของลอน	ความหนา, มิลลิเมตร
	ชนิด	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัมต่อตารางเมตร	ชนิด	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัมต่อตารางเมตร	ชนิด	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัมต่อตารางเมตร	ชนิด	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัมต่อตารางเมตร	ชนิด	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัมต่อตารางเมตร		
แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น												
หมายเลขตัวอย่าง												
1	KA 150	152	CA 125	126	-	-	-	-	KI 125	126	C	4.0
2	KA185	187	CA 125	125	-	-	-	-	KA 125	153	C	3.9
3	KI 185	186	CA 125	127	-	-	-	-	KL 125	233	C	4.0
4	KA 185	185	CA 125	126	-	-	-	-	KA 125	126	C	3.9
5	KA 185	185	CA 125	127	-	-	-	-	KA 185	186	C	4.0
แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น												
หมายเลขตัวอย่าง												
6	KI 150	151	CA 125	125	CA 125	126	CA 125	126	KI 150	151	B/C	6.0
7	KW 152	152	CA 125	126	CA 125	125	CA 125	127	KI 150	152	B/C	6.0
8	KA 230	232	CA 125	127	CA 125	126	CA 125	125	KL 230	232	B/C	6.2

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่งละเอียด

3.2.2 เครื่องทดสอบความหนา

3.2.3 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบลมกด สามารถปรับความดันได้ ตั้งแต่ 0 กิโลพาสคัล ถึง 9500 กิโลพาสคัล

3.2.4 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบไฮดรอลิกส์ สามารถปรับความดันได้ ตั้งแต่ 0 กิโลพาสคัล ถึง 4000 กิโลพาสคัล

3.2.5 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบมือหมุน แบบมีมาตรวัด/ไม่มีมาตรวัด ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสามารถปรับความดันของแป้นกดได้

3.2.6 เครื่องตัดขึ้นทดสอบ

3.2.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

3.3 การเตรียมตัวอย่างและขึ้นทดสอบ

3.3.1 นำตัวอย่างกระดาษพิมพ์และเขียนทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร ตามตารางที่ 2 ในแต่ละตัวอย่างตัดเป็นขึ้นทดสอบขนาด 15 x 15 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบชนิด C ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 30 , 70 , 140 , 210 , 280 , 350 , 420 และ 490 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ขึ้นทดสอบ

3.3.2 นำแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานสำหรับใช้กับเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล ตามตารางที่ 2 (แต่ละระดับความต้านแรงดันทะเล 1 ของ ประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานขนาด 9.0 x 9.0 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น) ทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ที่มีความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 30 , 70 , 140 , 210 , 280 , 350 , 420 และ 490 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 10 แผ่น (1 ของ)

3.3.3 นำตัวอย่างกระดาษผิวกล่องทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 126 , 233 และ 335 กรัมต่อตารางเมตร (ตัวอย่าง KA 125 , KA 230 และ KA 335) กระดาษทำลูกฟูกทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 105 , 144 และ 129 กรัมต่อตารางเมตร (ตัวอย่าง CA 105 , CA 115 และ CA 125) และกระดาษกล่องขาวเคลือบ 1 ตัวอย่างที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 466 กรัมต่อตารางเมตร ตามตารางที่ 2 ในแต่ละตัวอย่างตัดเป็นขึ้นทดสอบขนาด 15 x 15 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่มีความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ขึ้นทดสอบ และใช้ความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลแบบให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุน กับความดันของแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

3.3.4 นำแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล ตามตารางที่ 2 (แต่ละระดับความต้านแรงดันทะเลของ 1 ของประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานขนาด 9.0×9.0 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น) ทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 10 แผ่น (1 ของ)

3.3.5 นำตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ทั้ง 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 1,2,3,4 และ 5 และชนิด 2 ชั้น ทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 6,7 และ 8 ตามตารางที่ 3 ในแต่ละตัวอย่างตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาด 15×15 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ชิ้นทดสอบ และทดสอบความต้านแรงดันทะเลของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกระดับความสัมพัทธ์ละ 20 ชิ้นทดสอบในแต่ละตัวอย่าง

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 30 , 70 , 140 , 210 , 280 , 350 และ 490 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 10 ชิ้นทดสอบ

3.4.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.3 ข้อ 3.3.4 และข้อ 3.3.5 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ชิ้นทดสอบ สำหรับชิ้นทดสอบที่เป็นแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานทดสอบระดับความดันละ 10 ชิ้นทดสอบ

3.4.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.3 ซึ่งเป็นกระดาษผิวกล่อง กระดาษทำลอนลูกฟูก และกระดาษกล่องขาวเคลือบ ตัวอย่างละ 10 ชิ้นทดสอบ วางชิ้นทดสอบระหว่างเป็นวงแหวนกด/รับชิ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ที่ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนที่มีมาตรวัดความดันของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ แล้วหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบลงจนสัมผัสกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบพอดี โดยมาตรวัดความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแสดงค่าเป็นศูนย์จึงทำขีดอ้างอิงจุดเริ่มต้นการหมุนกดขึ้นทดสอบไว้ แล้วจึงหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบอีก $1/4$, $2/4$, $3/4$, $4/4$, $1 \frac{1}{4}$ และ $1 \frac{2}{4}$ รอบ จนครบทุกตัวอย่างที่กำหนด (ในข้อ 3.3.3) บันทึกค่าความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบในแต่ละระดับ (รอบ) การหมุนหาค่าเฉลี่ยความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลที่ให้ความดันต่อเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

3.4.4 นำแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ทั้ง 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 1,2,3,4 และ 5 และชนิด 2 ชั้น ทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 6,7 และ 8 จากข้อ 3.3.5 จำนวน 20 ชิ้นทดสอบในแต่ละตัวอย่างแล้ววางขึ้นทดสอบระหว่างเบ้นววงแหวนกด/รับขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุชนิด A ที่ให้ความดันแก่เบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบกับผิวหน้าของขึ้นทดสอบ (แผ่นกระดาษลูกฟูก) ทดดีโดยมาตรวัดความดันเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบแสดงค่าเป็นศูนย์จึงเพิ่มความดันเบ้นววงแหวนโดยหมุนเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบ จนกระทั่งมาตรวัดความดันเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบแสดงค่าความดัน (เฉลี่ย) 200 , 350 , 500 , 650 , 800 และ 950 กิโลพาสคัล และทำการวัดระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกในแต่ละระดับความดันเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบข้างต้นของแต่ละตัวอย่าง บันทึกค่าความดันเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบและระยะกดจมลงบนผิวหน้าของขึ้นทดสอบ (แผ่นกระดาษลูกฟูก) เนื่องจากการกดของเบ้นววงแหวนกดขึ้นทดสอบ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง

3.5 สภาวะการทดสอบ

ก่อนการทดสอบเก็บขึ้นทดสอบไว้ที่สภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียน ชนิด 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร ใช้ขึ้นทดสอบจากข้อ 3.3.1 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบชนิด C ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 30 , 70 , 140 , 210 , 280 , 350 , 420 และ 490 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ขึ้นทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียน ชนิด 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C

ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล					
	กระดาศพิมพ์และเขียน ชนิด 60 กรัมต่อตารางเมตร	ความแตกต่าง, ร้อยละ	กระดาศพิมพ์และเขียน ชนิด 80 กรัมต่อตารางเมตร	ความแตกต่าง, ร้อยละ	กระดาศพิมพ์และเขียน ชนิด 220 กรัมต่อตารางเมตร	ความแตกต่าง, ร้อยละ
30	99	-	288	-	577	-
70	88	-11.0	259	-10.1	525	-9.0
140	85	-3.4	247	-4.6	492	-6.3
210	83	-2.5	241	-2.4	463	-5.9
280	82	-1.2	237	-1.7	450	-2.8
350	81	-1.2	235	-0.8	439	-2.4
420	80	-1.2	233	-0.9	437	-0.6
490	80	0.0	231	-0.4	436	-0.2

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียน น้ำหนักมาตรฐาน 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร จะมีค่าลดลงเมื่อความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงของค่าความต้านแรงดันทะเลจะไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่ำ สภาพการจับยึดกระดาศพิมพ์และเขียนจะไม่แน่น กระดาศพิมพ์และเขียนจึงขยับเลื่อนตัวได้ ค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียนจึงมีค่าสูง เมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงขึ้น การจับยึดกระดาศพิมพ์และเขียนจะแน่นมากขึ้นการขยับเลื่อนให้ตัวของกระดาศพิมพ์และเขียนจะน้อยลง ค่าความต้านแรงดันทะเลจะลดลงด้วยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านแรงดันทะเลจะน้อยลง และเมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงมากพอที่จะทำให้กระดาศพิมพ์และเขียนไม่ขยับ ไม่เลื่อน และไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อกระดาศพิมพ์และเขียน ค่าความต้านแรงดันทะเลที่ได้จะเป็นค่าจริงและถูกต้อง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดันทะเลจะน้อยมาก หรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย เช่น เมื่อ

เพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันตะลุมของ ทรายพิมพ์และเขียนทั้ง 3 ชนิด ลดลงจาก 99 , 288 และ 577 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 80 , 231 และ 436 กิโลพาสคัล ตามลำดับ โดยในช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 30-70 , 70-140 , 140-210 , 210-280 , 280-350 และ 350-420 กิโลพาสคัล จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันตะลุมลดลงสูงสุดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.6 ถึง 11.0

ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 420-490 กิโลพาสคัล จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันตะลุมลดลงน้อยที่สุด หรืออาจไม่เปลี่ยนแปลงเลยอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 ถึง 0.4

โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันตะลุมของทรายพิมพ์และเขียน ในแต่ละตัวอย่าง แบ่งได้ เป็น 7 ลักษณะ ดังนี้

ทรายพิมพ์และเขียน ชนิด 60 กรัมต่อตารางเมตร

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุดร้อยละ 11.0 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 70 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 3.4 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 70 กิโลพาสคัล เป็น 140 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.5 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 140 กิโลพาสคัล เป็น 210 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 210 กิโลพาสคัล เป็น 280 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 280 กิโลพาสคัล เป็น 350 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 6 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 350 กิโลพาสคัล เป็น 420 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 7 ความต้านแรงดันตะลุมไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 420 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล

ทรายพิมพ์และเขียน ชนิด 80 กรัมต่อตารางเมตร

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุดร้อยละ 10.1 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 70 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 4.6 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 70 กิโลพาสคัล เป็น 140 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.4 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 140 กิโลพาสคัล เป็น 210 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันตะลุมเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.7 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 210 กิโลพาสคัล เป็น 280 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.8 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 280 กิโลพาสคัล เป็น 350 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 6 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.9 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 350 กิโลพาสคัล เป็น 420 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 7 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.4 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นจาก 420 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล

กระดาษพิมพ์และเขียน ชนิด 220 กรัมต่อตารางเมตร

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุดร้อยละ 9.0 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 70 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 6.3 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 70 กิโลพาสคัล เป็น 140 กิโลพาสคัล

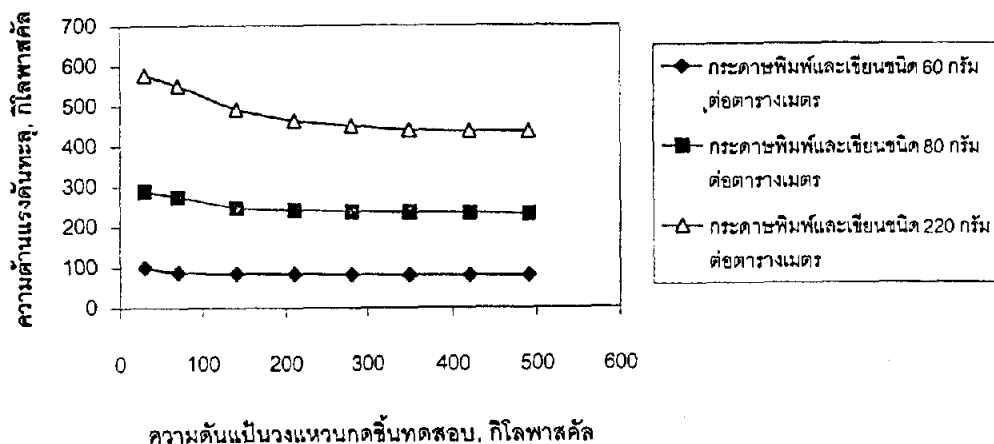
ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 5.9 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 140 กิโลพาสคัล เป็น 210 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.8 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 210 กิโลพาสคัล เป็น 280 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.4 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 280 กิโลพาสคัล เป็น 350 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 6 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.6 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 350 กิโลพาสคัล เป็น 420 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 7 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นจาก 420 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล



ภาพที่ 2 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุของกระดาษพิมพ์และเขียน ชนิด 60 , 80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C

4.2 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล ใช้ขึ้นทดสอบจากข้อ 3.3.2 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบชนิด C ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 30, 70, 140, 210, 280, 350, 420 และ 490 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 10 ขึ้นทดสอบ (1 ซอง) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล สำหรับใช้กับเครื่องทดสอบชนิด C

ความดัน เป็นวงแหวน กดขึ้นทดสอบ กิโลพาสคัล	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล					
	แผ่น อะลูมิเนียมฟอยล์ มาตรฐานที่ระดับ ความต้านแรงดัน ทะเล 85 ± 7 กิโลพาสคัล	ความ แตก ต่าง, ร้อยละ	แผ่น อะลูมิเนียมฟอยล์ มาตรฐานที่ระดับ ความต้านแรงดัน ทะเล 387 ± 14 กิโลพาสคัล	ความ แตก ต่าง, ร้อยละ	แผ่น อะลูมิเนียมฟอยล์ มาตรฐานที่ระดับ ความต้านแรงดัน ทะเล 538 ± 21 กิโลพาสคัล	ความ แตก ต่าง, ร้อยละ
30	94	-	403	-	592	-
70	91	-3.2	393	2.5	562	-5.1
140	89	-2.2	387	-1.5	547	-2.7
210	88	-1.1	384	-1.0	541	-1.1
280	87	-1.1	382	-0.5	539	-0.4
350	86	-1.1	381	-0.3	538	-0.2
420	85	-1.1	380	-0.3	537	-0.2
490	85	0.0	380	0.0	537	0.0

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานทั้ง 3 ระดับความต้านแรงดันทะเลคือ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล จะมีค่าลดลงเมื่อความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงของค่าความต้านแรงดันทะเลจะไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละช่วงความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่ำ สภาพการจับยึดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานจะไม่แน่น แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานจึงขยับ เลื่อน ให้ตัวค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานจึงมีค่าสูง สภาพการจับยึดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานจะแน่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงขึ้นการขยับ เลื่อนให้ตัวของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานจะน้อยลง ค่าความต้านแรงดันทะเลจะลดลงด้วยและอัตราการเปลี่ยนแปลง

แปลงของค่าความต้านแรงดันทะเลจะน้อยลง และเมื่อเพิ่มความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงมากพอที่จะทำให้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานไม่ยับ เลื่อน ไม่ให้ตัวและไม่ทำลายแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ค่าความต้านแรงดันทะเลที่ได้จะเป็นค่าจริงและถูกต้อง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดันทะเลจะน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย เช่นเมื่อเพิ่มความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันทะเลทั้ง 3 ระดับ (85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล) ลดลงจาก 94,403 และ 592 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 85,380 และ 537 กิโลพาสคัล ตามลำดับ ช่วงการเพิ่มความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 30-70, 70-140, 140-210, 210-280, 280-350 และ 350-420 กิโลพาสคัล จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงสูงสุดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.2 ถึง 5.1

ช่วงการเพิ่มความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 420-490 กิโลพาสคัล จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลงเลย (มีค่าคงที่) อยู่ระหว่างร้อยละ 0.0

โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ในแต่ละตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 7 ลักษณะ ดังนี้

แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความดันทะเล 85 ± 7 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุดร้อยละ 3.2 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 30 กิโลพาสคัล เป็น 70 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.2 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 70 กิโลพาสคัล เป็น 140 กิโลพาสคัล

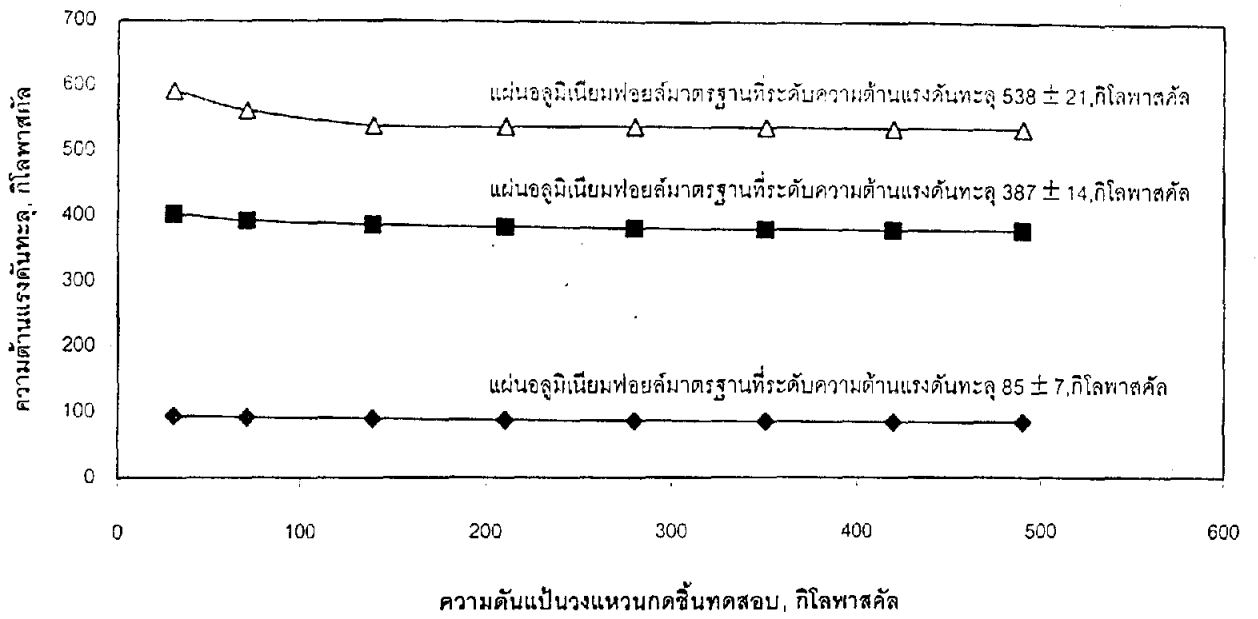
ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.1 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 140 กิโลพาสคัล เป็น 210 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.1 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 210 กิโลพาสคัล เป็น 280 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.1 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 280 กิโลพาสคัล เป็น 350 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 6 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.1 ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 350 กิโลพาสคัล เป็น 420 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 7 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเบ้าวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นจาก 420 กิโลพาสคัล เป็น 490 กิโลพาสคัล



ภาพที่ 3 ผลของความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด C

4.3 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาศมิกวกล่อง กระดาศทำลูกฟูก กระดาศกล่องขาวเคลือบ ใช้ขึ้นทดสอบจากข้อ 3.3.3 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบชนิด A ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ขึ้นทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 6 ตารางที่ 6 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาศมิกวกล่อง กระดาศทำลูกฟูก กระดาศกล่องขาวเคลือบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

ความดัน เป็น วงแหวนกด ขึ้นทดสอบ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงดันทะเล,กิโลพาสคัล													
	กระดาศมิกวกล่อง						กระดาศทำลูกฟูก						กระดาศกล่อง ขาวเคลือบ	ความ แตกต่าง, ร้อยละ
	KA 125	ความแตกต่าง, ร้อยละ	KA 230	ความแตกต่าง, ร้อยละ	KA 335	ความแตกต่าง, ร้อยละ	CA 105	ความแตกต่าง, ร้อยละ	CA 115	ความแตกต่าง, ร้อยละ	CA 125	ความแตกต่าง, ร้อยละ		
245	395	-	720	-	1057	-	266	-	307	-	303	-	1065	-
345	373	-5.6	682	-5.3	994	-6.0	250	-6.0	296	-3.6	276	-8.9	1015	-4.7
445	361	-3.2	650	-4.7	967	-2.7	244	-2.4	293	-1.0	268	-2.9	983	-3.2
545	361	0.0	642	-1.2	951	-1.7	241	-1.2	291	-0.7	262	-2.2	960	-2.3
645	361	0.0	641	-0.2	931	-2.0	240	-0.4	290	-0.3	260	-0.7	953	-0.7
745	361	0.0	640	-0.2	931	0.0	240	0.0	290	0.0	260	0.0	953	0.0

จากตารางที่ 6 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศผิวกล่อง 3 ตัวอย่างคือ KA 125 , KA 230 และ KA 335 กระดาศทำลูกฟูก 3 ตัวอย่างคือ CA 105 , CA 115 และ CA 125 กระดาศกล่องชาวเคลือบ 1 ตัวอย่างจะมีค่าลดลงเมื่อความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงด้วยอัตราไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของความดันวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่ระดับความดันต่ำ สภาพการจับยึดกระดาศผิวกล่อง กระดาศทำลูกฟูก และกระดาศกล่องชาวเคลือบจะแน่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบให้สูงขึ้นการขยับ เลื่อน ในขณะที่ทดสอบของขึ้นทดสอบจะน้อยลง ค่าความต้านแรงดันทะเลจะลดต่ำลงด้วย และอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านแรงดันทะเลจะน้อยลงและเมื่อเพิ่มความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบให้สูงมากพอที่จะทำให้กระดาศผิวกล่อง กระดาศทำลูกฟูก และกระดาศกล่องชาวเคลือบไม่ขยับ ไม่เลื่อน ไม่ทำลายตัวอย่างในขณะที่ทดสอบค่าความต้านแรงดันทะเลที่ได้จะเป็นค่าจริงที่ถูกต้อง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดันทะเลจะน้อยลงมาก หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เช่นเมื่อเพิ่มความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศผิวกล่อง KA 125,KA 230 และ KA 335 ลดลงจาก 395, 720 และ 1057 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 361,640 และ 931 กิโลพาสคัล ตามลำดับ ค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศทำลูกฟูก CA 105, CA 115 และ CA 125 ลดลงจาก 266,307 และ 303 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 240,290 และ 260 กิโลพาสคัล ตามลำดับ ค่าความต้านแรงดันทะเลของกระดาศกล่องชาวเคลือบลดลงจาก 1065 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 953 กิโลพาสคัล และจะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลในช่วงการเพิ่มความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245-345,345-445, 445-545 และ 545-645 กิโลพาสคัล จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ

กระดาศผิวกล่อง	อยู่ระหว่างร้อยละ	0.0 ถึง 6.0
กระดาศทำลูกฟูก	อยู่ระหว่างร้อยละ	0.3 ถึง 8.9
กระดาศกล่องชาวเคลือบ	อยู่ระหว่างร้อยละ	0.7 ถึง 4.7

ช่วงการเพิ่มความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 645-745 กิโลพาสคัล จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงน้อยที่สุด หรืออาจไม่เปลี่ยนแปลงเลย

กระดาศผิวกล่อง	อยู่ระหว่างร้อยละ	0.0 ถึง 0.2
กระดาศทำลูกฟูก	ร้อยละ	0.0
กระดาศกล่องชาวเคลือบ	ร้อยละ	0.0

โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเล ของตัวอย่าง กระดาศผิวกล่อง กระดาศทำลูกฟูก และกระดาศกล่องชาวเคลือบ ในแต่ละตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.7 ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 545 กิโลพาสคัล เป็น 645 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล

กระดาศกล่องชาวเคลือบ

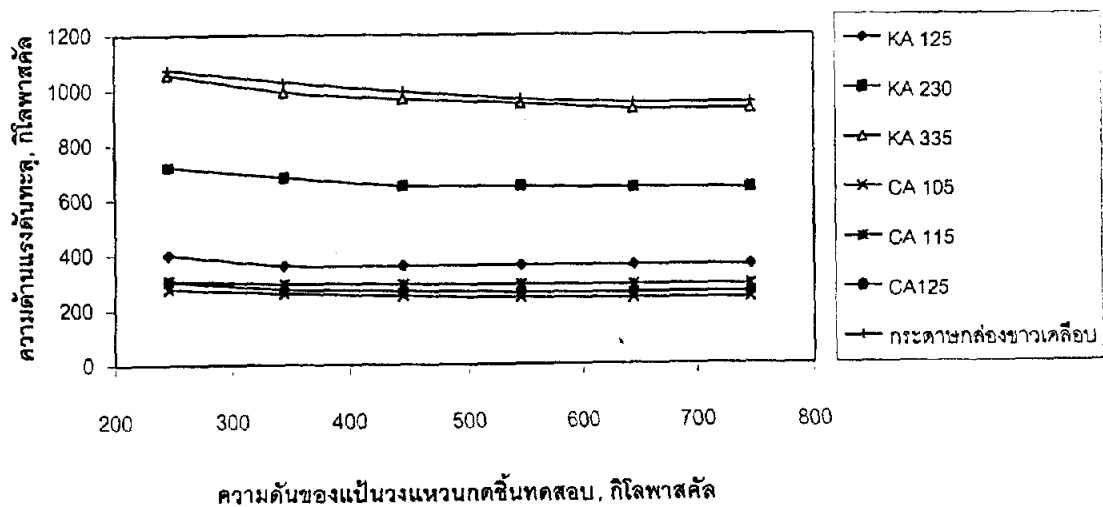
ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 4.7 ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 3.2 ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.3 ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 445 กิโลพาสคัล เป็น 545 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.7 ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 545 กิโลพาสคัล เป็น 645 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล



ภาพที่ 4 ผลของความดันเบ้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาศผิวกล่องกระดาศทำลูกฟูกกระดาศกล่องชาวเคลือบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

4.4 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความต้านแรงดันทะลุ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล ใช้ขึ้นทดสอบจากข้อ 3.3.4 ทดสอบความต้านแรงดันทะลุด้วยเครื่องทดสอบชนิด A ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 245, 345, 445, 545, 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 10 ขึ้นทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 7 ตารางที่ 7 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะลุของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานที่ระดับ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล			
	แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความต้านแรงดันทะลุ 788 ± 24 กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความต้านแรงดันทะลุ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ
245	877	-	1150	-
345	827	-5.7	1105	-3.9
445	807	-2.4	1103	-0.2
545	789	-2.2	1100	-0.3
645	788	-0.1	1094	-0.5
745	788	0.0	1092	-0.2

จากตารางที่ 7 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดันทะลุของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน ทั้ง 2 ระดับความต้านแรงดันทะลุคือ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล จะมีค่าลดลงเมื่อความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงของค่าความต้านแรงดันทะลุจะไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละช่วงความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่ำ สภาพการจับยึดแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานจะไม่แน่น แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานจึงขยับเลื่อน ให้ตัวได้ ค่าความต้านแรงดันทะลุของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานจึงมีค่าสูง สภาพการจับยึดแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานจะแน่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงขึ้นการขยับ เลื่อนให้ตัวของแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานจะน้อยลง ค่าความต้านแรงดันทะลุจะลดลงด้วยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านแรงดันทะลุจะน้อยลง และเมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงมากพอที่จะทำให้แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานไม่ขยับ เลื่อน ไม่ให้ตัวและไม่ทำลายแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐาน ค่าความต้านแรงดันทะลุที่ได้จะเป็นค่าจริงและถูกต้อง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดันทะลุจะน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย เช่นเมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันทะลุแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์มาตรฐานทั้ง 2 ระดับ (788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล) ลดลงจาก

877 , 1150 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 788,1092 กิโลพาสคัล ตามลำดับ และจะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลในช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245-345, 345-445 , 445-545 และ 545-645 กิโลพาสคัล จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1 ถึง 5.7

ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 645-745 กิโลพาสคัล จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงน้อยที่สุด หรืออาจไม่เปลี่ยนแปลงเลยอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 ถึง 0.2

โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเล ของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ในแต่ละตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 788 ± 24 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 5.7 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.4 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 2.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 445 กิโลพาสคัล เป็น 545 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.1 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 545 กิโลพาสคัล เป็น 645 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล

แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน ที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 1092 ± 28 กิโลพาสคัล

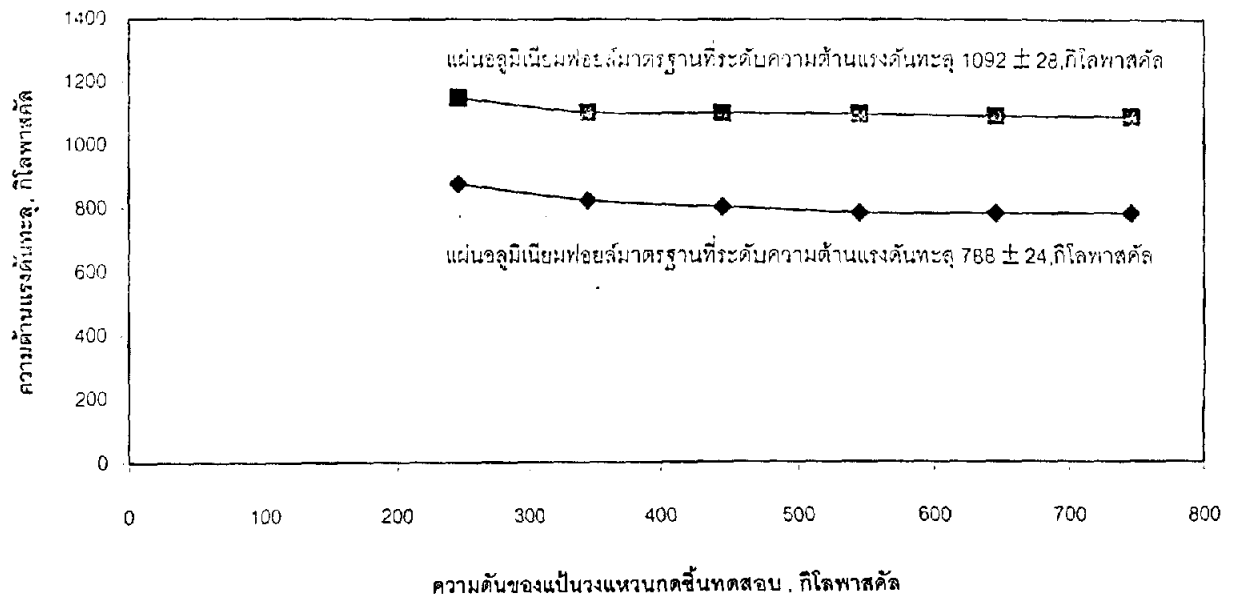
ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 3.9 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.3 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 445 กิโลพาสคัล เป็น 545 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.5 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 545 กิโลพาสคัล เป็น 645 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.2 ที่ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล



ภาพที่ 5 ผลของความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดึงทะเลของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานที่ระดับ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

4.5 การศึกษาอิทธิพลของความดันเป็นวงแหวนกดชั้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น ใช้ชั้นทดสอบจากข้อ 3.3.4 ทดสอบความต้านแรงดันทะเลด้วยเครื่องทดสอบชนิด A ที่ระดับความดันเป็นวงแหวนกดชั้นทดสอบ 245, 345, 445, 545, 645 และ 745 กิโลพาสคัล ระดับความดันละ 20 ชั้นทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 8 ตารางที่ 8 ผลของความดันเป็นวงแหวนกดชั้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และชนิด 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

ความดันเป็น วงแหวนกด ชั้นทดสอบ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล															
	แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น										แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น					
	ตัว อย่าง ที่ 1	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 2	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 3	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 4	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 5	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 6	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 7	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 8	ความ แตก ต่าง ร้อยละ
245	1169	-	1432	-	1039	-	1251	-	1370	-	1330	-	1480	-	1682	-
345	1095	-6.3	1339	-6.5	935	-10.0	1208	-3.4	1350	-1.5	1280	-3.8	1466	-0.9	1656	-1.5
445	1029	-6.0	1270	-5.2	865	-7.5	1181	-2.2	1340	-0.7	1245	-2.7	1456	-0.7	1636	-1.2
545	1000	-2.8	1220	-3.9	835	-3.5	1149	-2.7	1333	-0.5	1220	-1.8	1455	0.0	1615	-1.3
645	976	-1.0	1195	-2.0	824	-1.2	1134	-1.3	1328	-0.4	1208	-1.2	1455	0.0	1605	-0.6
745	974	-0.2	1195	-0.4	823	-0.8	1122	-1.0	1325	-0.2	1206	-0.2	1455	0.0	1605	0.0

จากตารางที่ 8 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น จะมีค่าลดลงเมื่อความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านแรงดันทะเล (ลดลง) ด้วยอัตราไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่ระดับความดันต่ำ การจับยึดแผ่นกระดาษลูกฟูกจะไม่แน่น แผ่นกระดาษลูกฟูกจะขยับ เลื่อนได้ในขณะทดสอบ ค่าความต้านแรงดันทะเลจึงมีค่าสูง การจับยึดแผ่นกระดาษลูกฟูกจะแน่นมากขึ้นเมื่อเพิ่มความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบให้สูงขึ้น การขยับเลื่อนในขณะทดสอบของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะน้อยลง ค่าความต้านแรงดันทะเลจะน้อยลง และเมื่อเพิ่มความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบให้สูงมากพอที่จะทำให้แผ่นกระดาษลูกฟูกไม่ขยับ ไม่เลื่อนและไม่ทำลายขึ้นทดสอบ ในขณะที่ทดสอบค่าความต้านแรงดันทะเลที่ได้จะเป็นค่าจริงที่ถูกต้อง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดันทะเลจะน้อยมาก หรืออาจไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เช่นเมื่อเพิ่มความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ตัวอย่างที่ 1, ตัวอย่างที่ 2, ตัวอย่างที่ 3, ตัวอย่างที่ 4, และตัวอย่างที่ 5 ลดลงจาก 1169, 1432, 1039, 1251 และ 1370 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 974, 1195, 823, 1122 และ 1325 กิโลพาสคัล ตามลำดับ ค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น ตัวอย่างที่ 6, ตัวอย่างที่ 7 และตัวอย่างที่ 8 ลดลงจาก 1330, 1480 และ 1682 เหลือเพียง 1206, 1455 และ 1605 กิโลพาสคัล ตามลำดับ และจะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลในช่วงการเพิ่มความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245-345, 345-445 445-545 และ 545-645 กิโลพาสคัล จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ

ตัวอย่าง แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น อยู่ระหว่างร้อยละ 0.4 ถึง 10.0

ตัวอย่าง แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น อยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 ถึง 3.8

ช่วงการเพิ่มความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 645-745 กิโลพาสคัล จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลลดลงน้อยที่สุด หรืออาจไม่เปลี่ยนแปลงเลย

ตัวอย่าง แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น อยู่ระหว่างร้อยละ 0.2 ถึง 1.0

ตัวอย่าง แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น อยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 ถึง 0.2

โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น (ตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4 และ 5) แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น (ตัวอย่างที่ 6, 7 และ 8) ในแต่ละตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 5 ลักษณะดังนี้

แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น

ตัวอย่างที่ 1

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 6.3 ที่ความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 6.0 ที่ความดันเบี่ยงวงแหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.2 ที่ความดันเบี่ยง
แหวนกดขึ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล

ตัวอย่างที่ 7

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 0.9 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้น
ทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.7 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบ
เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3, 4 และ 5 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้น
ทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 445 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล

ตัวอย่างที่ 8

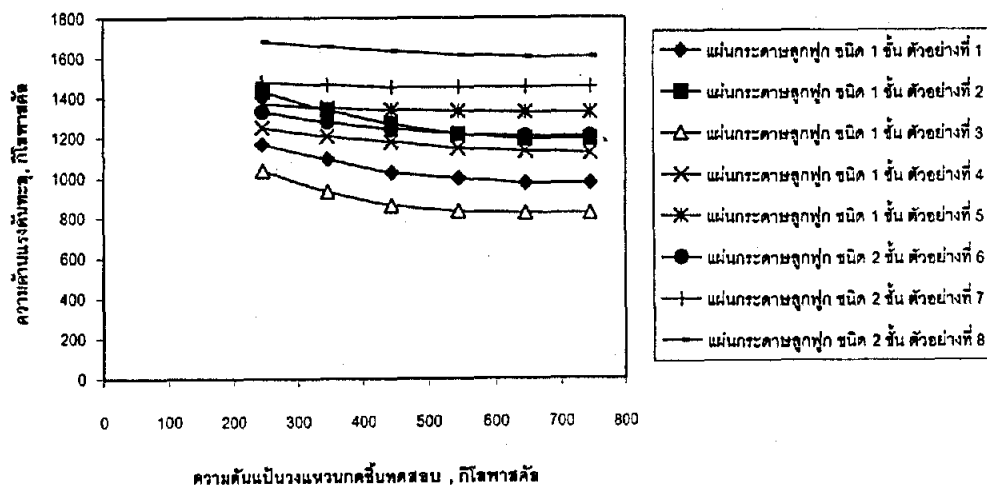
ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงที่สุดร้อยละ 1.5 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้น
ทดสอบเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 245 กิโลพาสคัล เป็น 345 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.2 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบ
เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 345 กิโลพาสคัล เป็น 445 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 1.3 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบ
เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 445 กิโลพาสคัล เป็น 545 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลง ร้อยละ 0.6 ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบ
เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 545 กิโลพาสคัล เป็น 645 กิโลพาสคัล

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลไม่เปลี่ยนแปลง (มีค่าคงที่) ที่ความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบ
เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 645 กิโลพาสคัล เป็น 745 กิโลพาสคัล



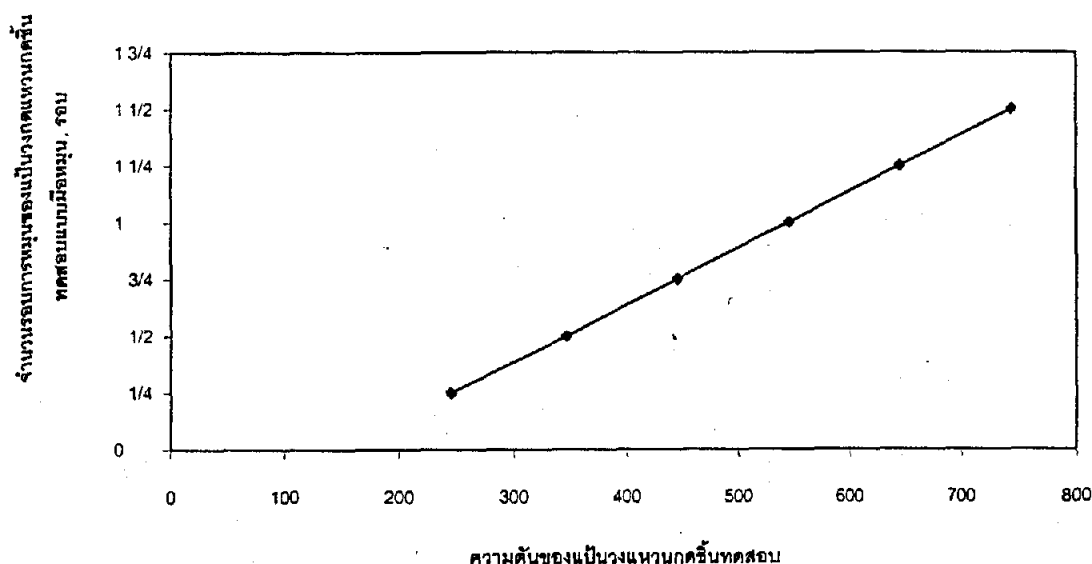
ภาพที่ 6 ผลของความดันเบี่ยงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก
ชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

4.6 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A กับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ เพื่อใช้อ้างอิงในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของกระดาดะผิวกล่อง กระดาดะทำลูกฟูก กระดาดะกล่องขาวเคลือบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

จำนวนรอบการหมุนของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุน, รอบ	1/4	2/4	3/4	4/4	1 1/4	1 2/4
ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ, กิโลพาสคัล	245	345	445	545	645	745

จากตารางที่ 9 จะพบว่าเมื่อใช้กระดาดะผิวกล่อง กระดาดะทำลูกฟูก และกระดาดะกล่องขาวเคลือบ วางระหว่างเป็นวงแหวนกด / รับขึ้นทดสอบ ของเครื่องทดสอบแรงดันทะเลชนิด A แล้วหมุนให้เป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบลงกดขึ้นทดสอบแล้วปรากฏว่า จำนวนรอบการหมุนมากขึ้น ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจะมีค่าสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อหมุน 1/4 , 2/4, 3/4 4/4 , 1 1/4 และ 1 2/4 รอบ ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบมีค่าเป็น 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ตามลำดับ



ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนกับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A

4.7 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบมือหมุนของเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A กับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก เมื่อกดเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบลงบนแผ่นกระดาษลูกฟูก เพื่อใช้อ้างอิงในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิดต่าง ๆ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น ต่อความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก

ความดัน เป็นวงแหวน กดขึ้น ทดสอบ, กิโลพาสคัล	ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก , มิลลิเมตร															
	แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น										แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น					
	ตัว อย่าง ที่ 1	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 2	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 3	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 4	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 5	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 6	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 7	ความ แตก ต่าง ร้อยละ	ตัว อย่าง ที่ 8	ความ แตก ต่าง ร้อยละ
200	0.45	-	0.47	-	0.43	-	0.46	-	0.48	-	0.55	-	0.70	-	0.65	-
350	0.72	0.27	0.76	0.29	0.70	0.27	0.74	0.28	0.79	0.31	2.01	1.46	2.02	1.32	2.10	1.45
500	2.37	1.65	2.43	1.67	2.35	1.65	2.40	1.66	2.46	1.67	3.60	1.59	3.70	1.68	3.65	1.55
650	2.48	0.11	2.51	0.08	2.45	0.10	2.49	0.09	2.62	0.16	5.00	1.40	5.29	1.59	4.99	1.34
800	2.77	0.29	2.81	0.30	2.76	0.31	2.79	0.30	2.85	0.23	5.20	0.20	5.30	0.01	5.20	0.21
950	←-----กระดาษไม่สามารถยุบตัวได้อีก----->										5.30	0.10	5.50	0.20	5.40	0.20

จากตารางที่ 10 จะพบว่าระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก จะมีค่ามากขึ้นเมื่อความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงขึ้น โดยตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ตัวอย่างที่ 1,2,3,4 และ 5 ทั้ง 5 ตัวอย่าง เมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 200 ถึง 950 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

ช่วงที่ 1 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 200 ถึง 350 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 5 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 0.27, 0.29, 0.27, 0.28 และ 0.31 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ช่วงที่ 2 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 350 ถึง 500 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 5 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้นสูงขึ้น (รวดเร็วกว่า) เท่ากับ 1.65, 1.67, 1.65, 1.66 และ 1.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ช่วงที่ 3 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 500 ถึง 650 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 5 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 0.11, 0.08, 0.10, 0.09 และ 0.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ช่วงที่ 4 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 650 ถึง 800 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 5 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 0.29, 0.30, 0.31, 0.30 และ 0.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ส่วนความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่สูงกว่า 800 กิโลพาสคัล แผ่นกระดาษลูกฟูกทั้ง 5 ตัวอย่าง จะไม่ยุบตัวได้อีก

ซึ่งจะพบว่า การเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบในระยะที่ 1,3 และ 4 ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ระยะเกือบเท่าๆ กัน และการเพิ่มความดันในระยะที่ 2 ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะเพิ่มขึ้นมากกว่าระยะที่ 1, 3 และ 4

ส่วนตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น ตัวอย่างที่ 6, 7 และ 8 ทั้ง 3 ตัวอย่างเมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 200 ถึง 950 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูกจะแบ่งได้เป็น 5 ลักษณะ คือ

ช่วงที่ 1 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 200 ถึง 350 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.46 , 1.32 และ 1.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ

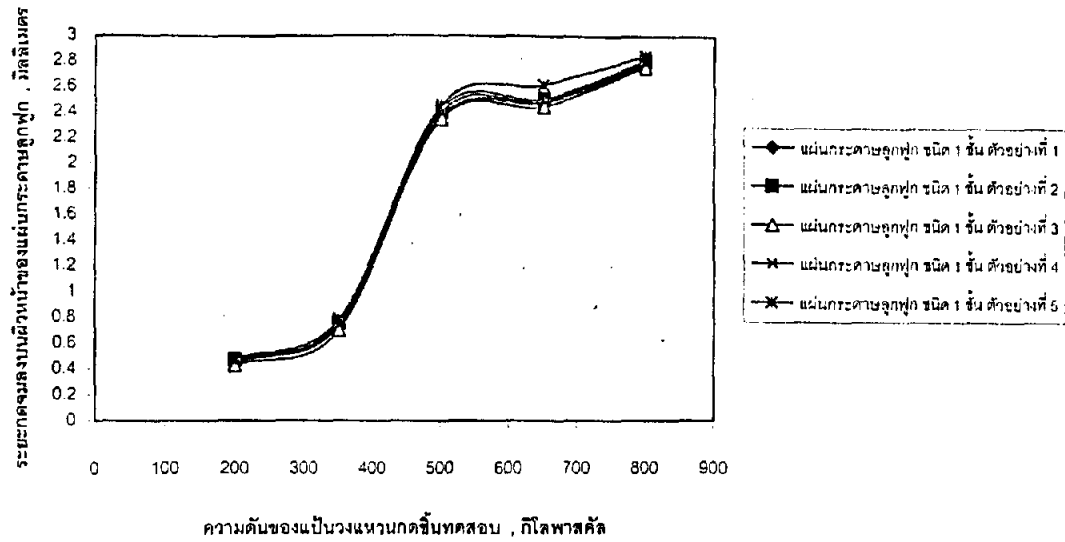
ช่วงที่ 2 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 350 ถึง 500 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.59 , 1.68 และ 1.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ช่วงที่ 3 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 500 ถึง 650 กิโลพาสคัล ระยะกดจมลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.40 , 1.59 และ 1.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ

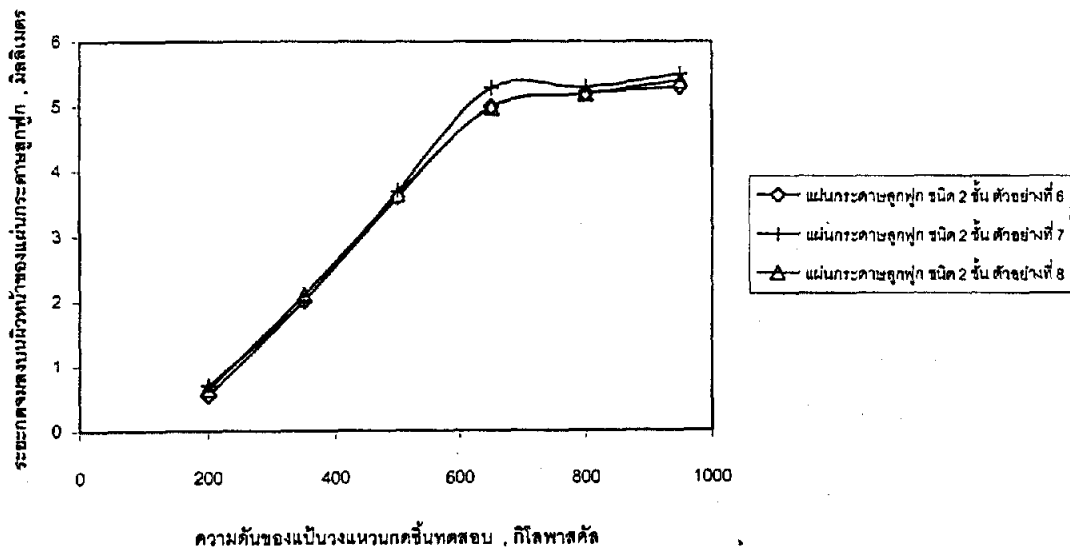
ช่วงที่ 4 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 650 ถึง 800 กิโลพาสคัล ระยะเวลาจมนลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.20 , 0.01 และ 0.21 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ช่วงที่ 5 ช่วงการเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบตั้งแต่ 800 ถึง 950 กิโลพาสคัล ระยะเวลาจมนลงบนผิวหน้าแผ่นกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.10 , 0.20 และ 0.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ซึ่งจะพบว่า การเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบในช่วงที่ 1,2 และ 3 ระยะเวลาจมนลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ช่วงเกือบเท่าๆ กัน และช่วงที่ 4 และ 5 ก็เพิ่มขึ้นเกือบเท่าๆ กัน โดยช่วงที่ 1 , 2 และ 3 จะเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงที่ 4 และ 5



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระดับความตึงเครียดตกค้างบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบ ชนิด A



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบกับระดับความตึงเครียดตกค้างบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบ ชนิด A

4.8 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น สำหรับเครื่องทดสอบชนิด A เพื่อใช้อ้างอิงในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิดต่างๆ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น

ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3			ตัวอย่างที่ 4			ตัวอย่างที่ 5		
ระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ
0.45	1190	-	0.47	1499	-	0.43	1120	-	0.46	1300	-	0.48	1380	-
0.72	1095	-8.0	0.76	1300	-13.3	0.70	946	-15.5	0.74	1208	-7.1	0.79	1350	-2.2
2.37	1020	-6.8	2.43	1225	-5.8	2.35	880	-7.0	2.40	1160	-4.0	2.46	1336	-1.0
2.48	980	-3.9	2.51	1192	-2.7	2.45	823	-6.5	2.49	1132	-2.4	2.62	1327	-0.7
2.77	971	-0.9	2.81	1190	-0.2	2.76	822	-0.1	2.79	1121	-1.0	2.85	1323	-0.3
กระดาษไม่สามารถยุบตัวได้อีก														

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น

ตัวอย่างที่ 6			ตัวอย่างที่ 7			ตัวอย่างที่ 8		
ระยะกคจลงบน ผิวหน้าของแผ่น กระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้าน แรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบน ผิวหน้าของแผ่น กระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้าน แรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ	ระยะกคจลงบน ผิวหน้าของแผ่น กระดาษลูกฟูก, มิลลิเมตร	ความต้าน แรงดันทะเล, กิโลพาสคัล	ความแตกต่าง, ร้อยละ
0.55	1339	-	0.70	1485	-	0.65	1700	-
2.01	1270	-5.2	2.02	1460	-1.7	2.10	1650	-2.9
3.60	1234	-2.8	3.70	1455	-0.3	3.65	1626	-1.5
5.00	1207	-2.2	5.09	1455	0.0	4.99	1605	-1.3
5.20	1203	-0.3	5.30	1454	-0.7	5.20	1604	-0.6
5.30	1190	-1.0	5.50	1440	-1.0	5.40	1601	-1.9

จากตารางที่ 11 และ 12 จะพบว่าระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก (เนื่องจากการกดของแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ) ที่เพิ่มขึ้น ค่าความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะค่าลดลงตามลำดับ ความต้านแรงดันทะลุจะเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นการกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก และเมื่อการกดจมลงบนผิวหน้าของกระดาษลูกฟูกมากขึ้น (สูงขึ้น) ถึงระดับหนึ่งแล้วความต้านแรงดันทะลุจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ (มีความคงที่มากขึ้น) เช่น

แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น

ตัวอย่างที่ 1 ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นจาก 0.45 มิลลิเมตร ถึง 2.77 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะลุลดลงจาก 1190 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 971 กิโลพาสคัล โดยความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุด ร้อยละ 8.0 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0.45 มิลลิเมตร เป็น 0.72 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 6.8 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 0.72 มิลลิเมตร เป็น 2.37 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 3.9 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 2.37 มิลลิเมตร เป็น 2.48 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.9 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 2.48 มิลลิเมตร เป็น 2.77 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่ 2 ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นจาก 0.47 มิลลิเมตร ถึง 2.81 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะลุลดลงจาก 1499 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 1190 กิโลพาสคัล โดยความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุด ร้อยละ 13.3 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0.47 มิลลิเมตร เป็น 0.76 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 5.8 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 0.76 มิลลิเมตร เป็น 2.43 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 2.7 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 2.43 มิลลิเมตร เป็น 2.51 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะลุเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 0.2 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 2.51 มิลลิเมตร เป็น 2.81 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 1.0 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 5.30 มิลลิเมตร เป็น 5.50 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่ 8 ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นจาก 0.65 มิลลิเมตร ถึง 5.40 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 1700 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 1601 กิโลพาสคัล โดยความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงแบ่งได้เป็น 5 ลักษณะ คือ

ช่วงที่ 1 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุด ร้อยละ 2.9 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0.65 มิลลิเมตร เป็น 2.10 มิลลิเมตร

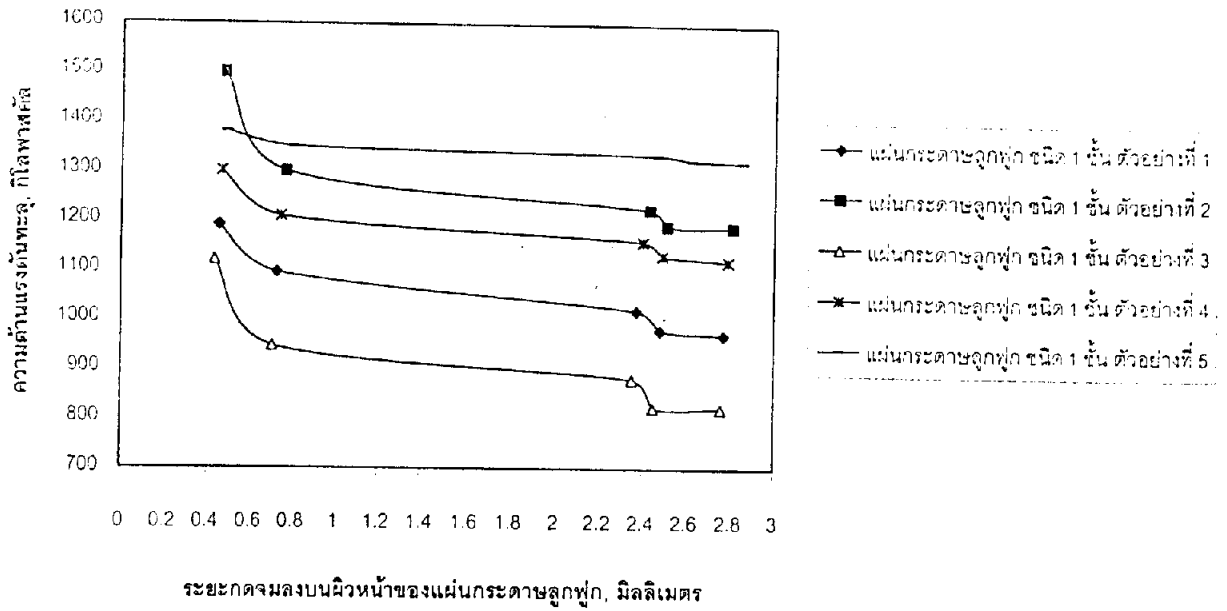
ช่วงที่ 2 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 1.5 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 2.10 มิลลิเมตร เป็น 3.65 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 3 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 1.3 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 3.65 มิลลิเมตร เป็น 4.99 มิลลิเมตร

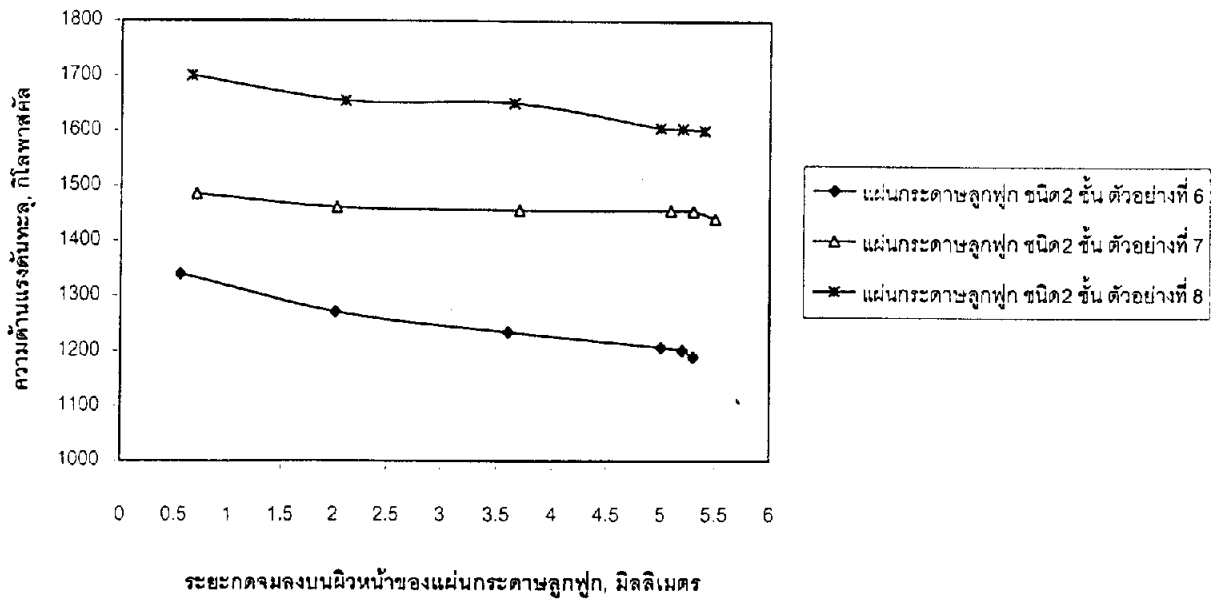
ช่วงที่ 4 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 0.6 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 4.99 มิลลิเมตร เป็น 5.20 มิลลิเมตร

ช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ร้อยละ 1.9 ที่ระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จาก 5.20 มิลลิเมตร เป็น 5.40 มิลลิเมตร เป็นต้น

จะพบว่าตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น (ตัวอย่างที่ 1,2,3,4 และ 5) การเพิ่มระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพียงเล็กน้อย ในช่วงที่ 1 และ 3 จะทำให้ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงมาก มากกว่าการเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงที่ 2 และการเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงที่ 4 น้อยมากเกือบคงที่ ส่วนตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น (ตัวอย่างที่ 6,7 และ 8) การเพิ่มระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ในช่วงที่ 1 จะทำให้ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงมาก แล้วจะค่อยๆ ลดลงในช่วงที่ 2 และ 3 การเพิ่มขึ้นของระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกในช่วงที่ 4 เพียงเล็กน้อยทำให้ความต้านแรงดันทะเลเปลี่ยนแปลงลดลงสูงมากเช่นกัน การเพิ่มขึ้นของระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกในช่วงที่ 5 ความต้านแรงดันทะเลจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากเกือบคงที่



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงต้นทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกคจลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงต้นทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียนที่ระดับน้ำหนักมาตรฐาน 60,80,220 กรัม ต่อตารางเมตร และแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานซึ่งกำหนดค่าความต้านแรงดันทะเลที่ระดับ 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล ด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด C ปรากฏว่าเมื่อเพิ่มค่าความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 30 กิโลพาสคัลเป็น 490 กิโลพาสคัล ค่าความต้านทานแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์และเขียนและแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานทุกตัวอย่างลดลงตามผลการทดสอบตารางที่ 4 และ 5 ภาพที่ 2 และ 3 โดย

1.1 กระดาศพิมพ์และเขียนน้ำหนักมาตรฐาน 60,80 และ 220 กรัมต่อตารางเมตร ลดลงจาก 99, 288 และ 577 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 80, 231 และ 436 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

1.2 แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ระดับความต้านแรงดันทะเล 85 ± 7 , 387 ± 14 และ 538 ± 21 กิโลพาสคัล ลดลงจาก 94, 403 และ 592 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 85, 380 และ 537 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

2. ส่วนการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์กล่อง KA 125, KA 230, และ KA 335 กระดาศพิมพ์ทำลูกฟูก CA 105, CA 115 และ CA 125 กระดาศพิมพ์กล่องชาวเคลือบ (ที่ระดับน้ำหนักมาตรฐาน 466 กรัมต่อตารางเมตร) และแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานกำหนดค่าความต้านแรงดันทะเล 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล ด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ปรากฏว่าเมื่อเพิ่มค่าความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245 กิโลพาสคัลเป็น 745 กิโลพาสคัล ค่าความต้านทานแรงดันทะเลของกระดาศพิมพ์กล่อง กระดาศพิมพ์ทำลูกฟูก และแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐานทุกตัวอย่างลดลงตามผลการทดสอบตารางที่ 6 และ 7 ภาพที่ 4 และ 5 โดย

2.1 กระดาศพิมพ์กล่อง KA 125, KA 230 และ KA 335 น้ำหนักมาตรฐาน 126, 233 และ 335 กรัมต่อตารางเมตร ความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 395, 720 และ 1057 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 361, 640 และ 931 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

2.2 กระดาศพิมพ์ทำลูกฟูก CA 105, CA 115 และ CA 125 น้ำหนักมาตรฐาน 105, 114 และ 129 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 266, 307 และ 303 กิโลพาสคัล เหลือ 240, 290 และ 260 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

2.3 กระดาศพิมพ์กล่องชาวเคลือบ น้ำหนักมาตรฐาน 466 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 1065 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 953 กิโลพาสคัล

2.4 แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน มีค่าความต้านแรงดันทะเลที่ระดับ 788 ± 24 และ 1092 ± 28 กิโลพาสคัล ลดลงจาก 877 และ 1150 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 788 และ 1092 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

3. สำหรับการศึกษาผลของความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้นและชนิด 2 ชั้น ด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ปรากฏว่าเมื่อเพิ่มความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบจาก 245 กิโลพาสคัลเป็น 745 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้นและชนิด 2 ชั้น ทุกตัวอย่างลดลงตามผลการทดสอบตารางที่ 8 และภาพที่ 6

3.1 แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 1169 , 1432 , 1039 , 1251 และ 1370 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 974 , 1195 , 823 , 1122 และ 1325 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

3.2 แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 2 ชั้น ค่าความต้านแรงดันทะเลลดลงจาก 1330 , 1480 และ 1682 กิโลพาสคัล เหลือเพียง 1206 , 1455 และ 1605 กิโลพาสคัล ตามลำดับ

4. เนื่องจากเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A เป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบมีทั้งแบบไฮดรอลิกส์ และแบบมือหมุน จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบจำนวนรอบการใช้มือหมุน กับความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งเมื่อใช้มือหมุน $1/4$, $2/4$, $3/4$, $4/4$ และ $1\ 1/4$ และ $1\ 2/4$ รอบ จะเทียบความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบแบบไฮดรอลิกส์ได้เท่ากับ 245 , 345 , 445 , 545 , 645 และ 745 กิโลพาสคัล ตามลำดับ ผลการทดลองตามตารางที่ 9 และภาพที่ 7

5. ในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบไม่ได้กำหนดไว้ แต่ได้กำหนดเป็นระยะยุบตัวของแผ่นกระดาษลูกฟูก จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบระยะกดจมลงจากผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ตามผลการทดสอบตารางที่ 10 ภาพที่ 8 และ 9 ปรากฏว่า

5.1 แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น เมื่อใช้ความดันของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 200, 350, 500, 650, 800 และ 950 กิโล พาสคัล ระยะการกดจมลงของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นตามความดันของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่ม เช่น แผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 ชั้น ตัวอย่างที่ 1 ระยะการกดจมลงเพิ่มขึ้นตามความดันของเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ ดังกล่าวข้างต้นเป็น 0.45, 0.72 , 2.37, 2.48 และ 2.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นต้น

5.2 แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น เมื่อใช้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ 200, 350, 500, 650, 800 และ 950 กิโลพาสคัล ระยะการกดจมลงของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นตามความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบที่เพิ่ม เช่น แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 2 ชั้น ตัวอย่างที่ 6 ระยะการกดจมลงเพิ่มขึ้นตามความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ ดังกล่าวข้างต้นเป็น 0.55 , 2.01 , 3.60, 5.00, 5.20 และ 5.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ

6. สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกกับความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกชนิด 1 และ 2 ชั้น ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะเลชนิด A ปรากฏว่าเมื่อระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพิ่มขึ้นค่าความต้านแรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะมีค่าลด

ลง ตามผลการทดสอบตารางที่ 11 และ 12 ภาพที่ 10 และ 11 และที่ระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกน้อย (ต่ำ) จะปรากฏรอยย่นบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกมาก ค่าความต้านแรงดันทะลุจะมีค่าสูง เมื่อเพิ่มระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกมากขึ้นๆ รอยย่นบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะน้อยลงๆ ค่าความต้านแรงดันทะลุก็จะมีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อเพิ่มระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งเป็นช่วงที่ระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่มากที่สุดที่แผ่นกระดาษลูกฟูกยังไม่ถูกทำลาย โดยเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบและจะไม่ปรากฏรอยย่นบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูก ค่าความต้านแรงดันทะลุที่ได้จะถูกต้องตรงความจริงที่สุด เมื่อเพิ่มระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกต่อไปเรื่อยๆ รอยย่นบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะไม่ปรากฏ แต่สภาพของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะถูกทำลายมากขึ้นจนกระทั่งถูกทำลายอย่างสมบูรณ์

ค่าความต้านแรงดันทะลุในช่วงระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกนี้จะไม่ถูกต้องและน้อยกว่าความจริง และยังคงลดลงต่อไปและจะมีค่าคงที่ เมื่อแผ่นกระดาษลูกฟูกไม่ยุบตัวและถูกทำลายต่อไปอีก รอยย่นที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกเกิดจากการใช้ระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกของแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบไม่เหมาะสม (น้อยเกินไป) ค่าความต้านแรงดันทะลุจึงสูงกว่าความเป็นจริง ฉะนั้นในการทดสอบจึงต้องเลือกใช้ระยะกดจมบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่เหมาะสม (ที่พอดี) ที่ไม่ทำให้แผ่นกระดาษลูกฟูกชำรุดเสียหาย ไม่เกิดการเลื่อนของแผ่นทดสอบ

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของความดันแน่นวงแหวนกดขึ้นทดสอบต่อค่าความต้านแรงดันทะเลของ กระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษผิวกล่อง กระดาษทำลูกฟูก แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์มาตรฐาน และแผ่นกระดาษ ลูกฟูก ปรากฏว่าถ้าความดันแน่นวงแหวนกดขึ้นทดสอบน้อยเกินไปจะทำให้ค่าความต้านแรงดันทะเลสูงกว่าความเป็นจริง เพราะทำให้ขึ้นทดสอบเลื่อน แต่ถ้าหากว่าความดันแน่นวงแหวนกดขึ้นทดสอบสูงเกินไปจะทำให้ตัวอย่าง เสียหายค่าความต้านแรงดันทะเลที่ทดสอบได้ต่ำกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดสอบความต้าน แรงดันทะเลของแผ่นกระดาษลูกฟูก มาตรฐานจึงกำหนดเป็นระยะกดจมลงบนผิวหน้าของแผ่นกระดาษลูกฟูกจาก สภาพเดิม ฉะนั้นในการทดสอบความต้านแรงดันทะเลจึงจำเป็นต้องปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัด

คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงตรงตามวัตถุประสงค์เป็นอย่างดี มิได้เกิดขึ้นเนื่องจากผู้วิจัย โดยลำพังแต่เพียงผู้เดียว แต่ได้รับความอนุเคราะห์และร่วมมือจากภาคเอกชน ผู้วิจัยใคร่ขอแสดงคำขอบคุณต่อผู้มี ส่วนเกี่ยวข้องดังนี้

1.บริษัท สยามคราฟท์อุตสาหกรรม จำกัด

บริษัท อุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ไทย จำกัด

บริษัท ผลิตภัณฑ์กระดาษไทย จำกัด

ที่อนุเคราะห์กระดาษผิวกลอง กระดาษทำลูกฟูก ในการวิจัย

2.บริษัท สยามบรรจุภัณฑ์ราชบุรี (1989) จำกัด

บริษัท สยามบรรจุภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด

บริษัท บางกอกบรรจุภัณฑ์ จำกัด

บริษัท เอส แอนด์ ดี อินดัสตรี จำกัด

ที่อนุเคราะห์แผ่นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น ในการวิจัย

3.บริษัท สยามสยามบรรจุภัณฑ์ราชบุรี (1989) จำกัด

บริษัท บางกอกบรรจุภัณฑ์ จำกัด

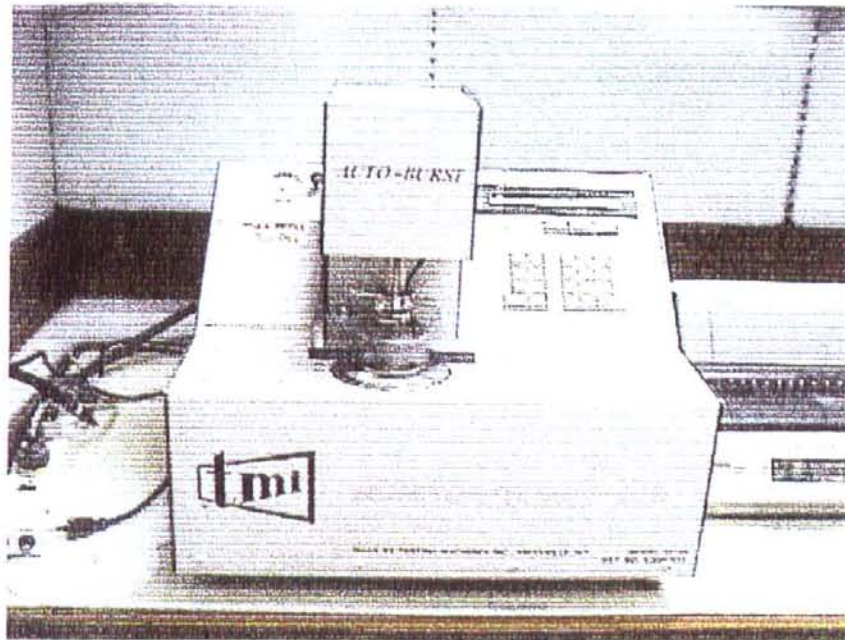
บริษัท เอส แอนด์ ดี อินดัสตรี จำกัด

ที่อนุเคราะห์เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุชนิด A ที่ใช้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ แบบมือหมุน มีมาตรวัด / ไม่มีมาตรวัดความดันของแป้นวงแหวนกดขึ้นทดสอบ

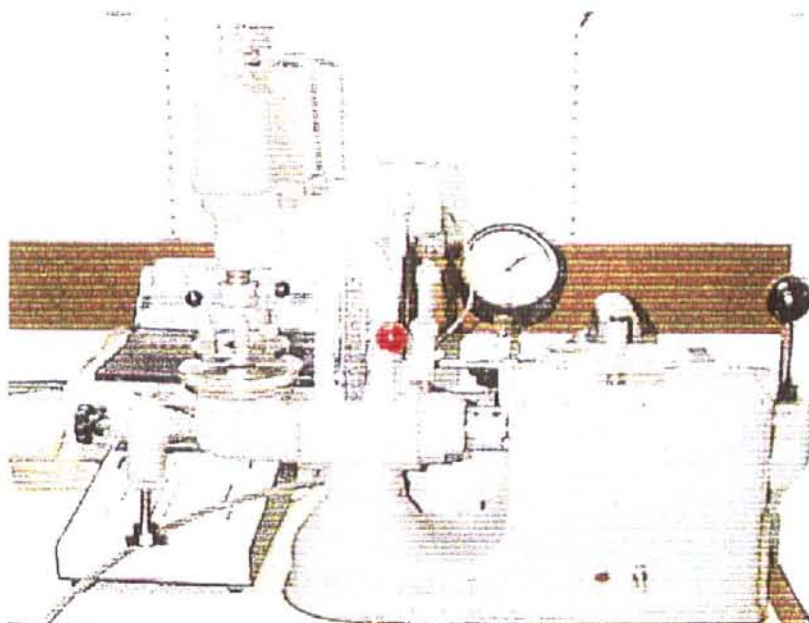
เอกสารอ้างอิง

1. TAPPI T 410 om-98 "Grammage of Paper Paperboard (Weight Per Unit Area)".
2. TAPPI T 411 om-97 "Thickness (Caliper) of Paper , Paperboard and Combined Board".
3. TAPPI T 403 om-97 "Bursting Strength of Paper".
4. TAPPI T 807 om-94 "Bursting Strength of Paperboard and Linerboard".
5. TAPPI T 810 om-98 "Bursting Strength of corrugated and Solid Fiberboard".

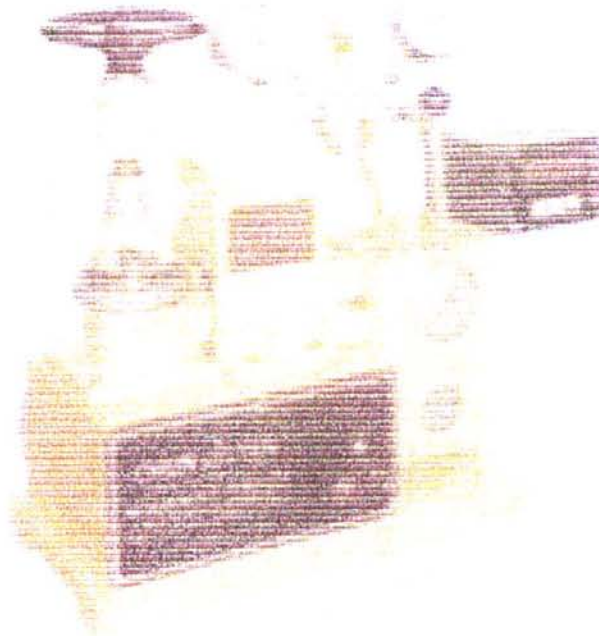
ภาคผนวก



ภาพที่ 12 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบกระดาศชนิด C
ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบลมกดปรับความดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 9500 กิโลพาสคัล

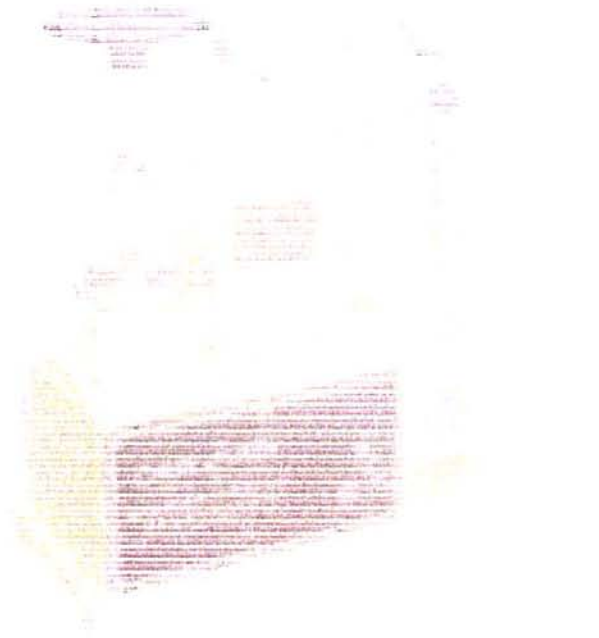


ภาพที่ 13 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุของเครื่องทดสอบกระดาศชนิด A
ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบไฮดรอลิกส์ปรับความดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4000 กิโลพาสคัล



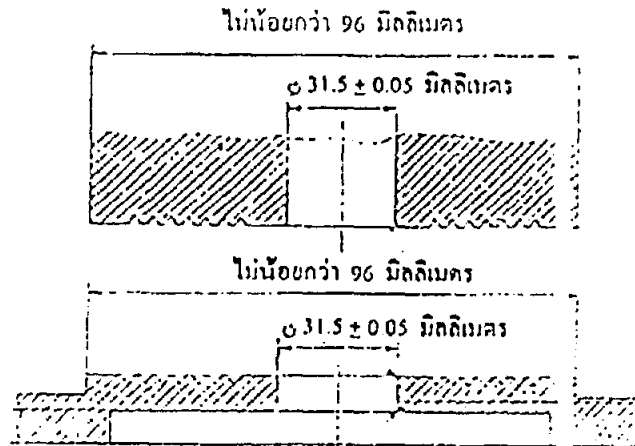
ภาพที่ 14 เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงของเครื่องทดสอบชนิด A

ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบมือหมุนมีมาตรวัดปรับความดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4000 กิโลพาสคัล

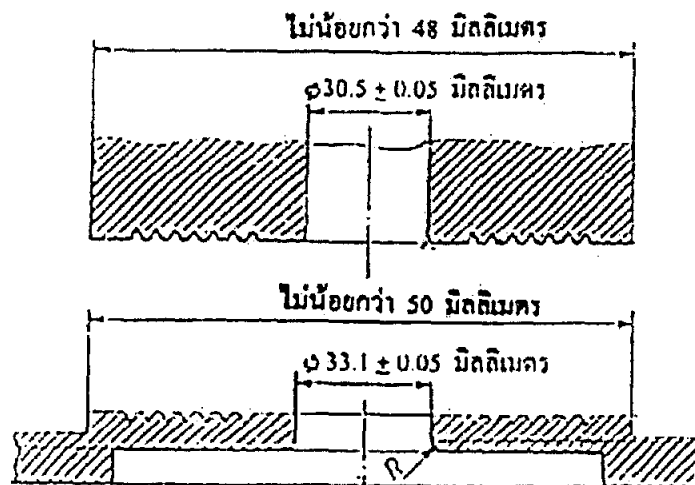


ภาพที่ 15 เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงของเครื่องทดสอบชนิด A

ให้ความดันเป็นวงแหวนกดขึ้นทดสอบด้วยระบบมือหมุนไม่มีมาตรวัดสามารถปรับความดันได้โดยเพิ่มแรงกด



ภาพที่ 16 แสดงชุดอุปกรณ์จับชิ้นทดสอบเป็นกวางแหวนกด/รับชิ้นทดสอบ
ของเครื่องทดสอบชนิด C



ภาพที่ 17 แสดงชุดอุปกรณ์จับชิ้นทดสอบเป็นวงแหวนกด/รับชิ้นทดสอบ
ของเครื่องทดสอบชนิด A